

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-198997

(43) 公開日 平成7年(1995)8月1日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/42

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-336102

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社  
東京都千代田区神田美土代町1番地

(72) 発明者 白石 勝

千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメント株式会社光電子事業部内

(72) 発明者 館山 隆

千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメント株式会社光電子事業部内

(72) 発明者 斉藤 勉

千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメント株式会社光電子事業部内

(74) 代理人 弁理士 宇井 正一 (外4名)

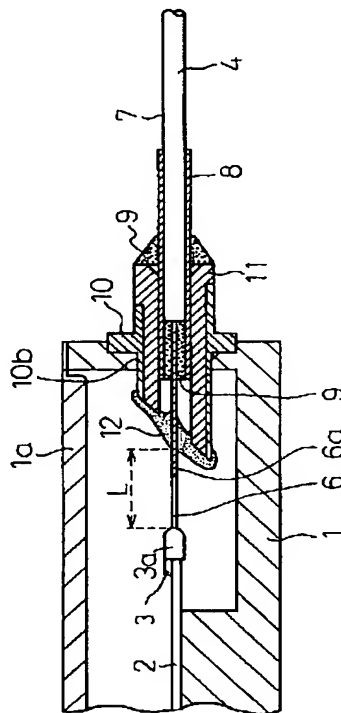
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光素子収納封止筐体構造物

(57) 【要約】

【目的】 光素子と光ファイバのアライメント作業が容易で、気密封止性のすぐれた光素子収納封止筐体構造物の提供。

【構成】 光素子収納筐体と、光ファイバ導入孔を有し、裸光ファイバ端部と、被覆層を有する光ファイバとの接続部を収容封止する内側スリーブと、筐体の光ファイバ導入孔に接着された外側スリーブと、これら両スリーブの間に挿入される中間スリーブとを有する光素子収納封止用筐体構造物。



3 a...接着補強キャピラリ  
12...ハンダ  
13...接着剤  
1...光素子端と、光ファイバ封止端との距離

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光素子を収納している筐体と、この筐体端部のスリーブ挿入孔に設けられた光ファイバ引出し封止用スリーブ部とを有し、前記光ファイバの端部において、その保護被覆層が除去され、かつ前記保護被覆層を有する光ファイバ部分に連続する露出した裸光ファイバ部分がメタライズ処理されており、前記裸光ファイバの末端が、前記光素子に接続されており、かつ、前記光ファイバの、前記メタライズ処理された裸ファイバ部分から保護被覆層により被覆されている部分にまたがる連続部分がパイプ状内側スリーブ中に挿入されて、これに気密に接着・封止されており、一方、前記筐体端部のスリーブ挿入孔に、前記パイプ状内側スリーブの外径より大きな内径を有する外側スリーブが挿入され、これに気密に接合固定されており、この外側スリーブ内に前記内側スリーブが挿入され、前記外側スリーブと、前記内側スリーブから伸び出た前記メタライズ処理された裸光ファイバとの間との間隙が、前記外側スリーブと前記内側スリーブとの間に挿入された中間スリーブとともに気密に半田封止されていることを特徴とする、光素子収納封止筐体構造物。

【請求項 2】 前記中間スリーブが、前記パイプ状内側スリーブに接する内側中間スリーブ部材と、この内側中間スリーブ部材と、前記外側スリーブとの間隙を充填する外側中間スリーブ部材とからなり、これらが接着剤により気密に封止されている、請求項 1 に記載の筐体構造物。

【請求項 3】 前記光素子と裸光ファイバ端部との接続部と、それに近い前記スリーブ部と前記光ファイバとの封止部との離間距離が、2～10mmである、請求項 1 に記載の筐体構造物。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光素子を気密に封入する筐体構造に関するもので、特に光ファイバ導入部分の構造の改良により、筐体長を短くすることを可能にした光素子収納封止筐体構造物に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光素子の気密封止筐体の構造および封止工程においては、光ファイバを筐体内に導くパイプ状のスリーブ部分の構造が重要となる。高湿度環境下における光素子装置の信頼性を確保するには、エポキシ樹脂等を用いた封止方法のみでは不十分であり、光ファイバ表面を金メッキして筐体と半田接合する方式がとられ、この方式はレーザ素子の封止筐体等で高く評価されている。

【0003】 一方、導波路型電気光学素子は、高速光通信の外部変調器等への広い応用が期待されており、これらの素子を気密封止できる筐体設計が必要となっている。この場合、光ファイバは、素子の導波路端面に、ミ

クロンオーダの高精度におけるアライメント作業の後、光学用接着剤を用いて固定される。このとき光ファイバ封止方法としては、上記の半田封止法が採用されている。

【0004】 光ファイバと筐体のスリーブとを半田封着するには、両者の隙間はできる限り小さいことが好ましい(数十～数百ミクロン)。しかし、筐体内に納められた光素子の導波路端面と、光ファイバとの光軸調整(アライメント)を行うには、光ファイバの周囲に、1mm前後の空間があることが作業の容易さの点で好ましい。あるいは、スリーブを細径とするかわりに、スリーブ端から素子端面までの距離(ファイバの距離)を長く、例えば20～30mmの長さにとり、光ファイバの柔軟性を利用して、アライメントすることも行われている。後者の場合、電気光学結晶を用いた素子の長さが一般に5～6cmと長いため、ファイバ余長を光素子の両端に加えると、筐体の全長が10cm程度の大きなものになってしまうという問題を生ずる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は光ファイバの、表面をメタライズ処理した裸光ファイバを半田によりスリーブに封着するという手法を採用しつつ、光ファイバのアライメント作業が容易な、比較的大きな口径を有するスリーブ構造を有する光素子収納封止筐体構造物を提供しようとするものである。このような筐体構造物は筐体内に收容される光ファイバ余長をできる限り短くすることを可能にし、従って筐体長を短くすることを可能にするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の光素子収納封止筐体構造物は、光素子を収納している筐体と、この筐体端部のスリーブ挿入孔に設けられた光ファイバ引出し封止用スリーブ部とを有し、前記光ファイバの端部において、その保護被覆層が除去され、かつ、前記保護被覆層を有する光ファイバ部分に連続する露出した裸光ファイバ部分がメタライズ処理されており、前記裸光ファイバの末端が、前記光素子に接続されており、かつ、前記光ファイバの、前記メタライズ処理された裸ファイバ部分から保護被覆層により被覆されている部分にまたがる連続部分がパイプ状内側スリーブ中に挿入されて、これに気密に接着・封止されており、一方、前記筐体端部のスリーブ挿入孔に、前記パイプ状内側スリーブの外径より大きな内径を有する外側スリーブが挿入され、これに気密に接合固定されており、この外側スリーブ内に前記内側スリーブが挿入され、前記外側スリーブと、前記内側スリーブから伸び出た前記メタライズ処理された裸光ファイバとの間隙が、前記外側スリーブと前記内側スリーブの間に挿入された中間スリーブにより気密に半田封止されていることを特徴とする、光素子収納封止筐体構造物。

【0007】本発明の管体構造物において、前記中間スリーブが、前記パイプ状内側スリーブに接する内側中間スリーブ部材と、この内側中間スリーブ部材と、前記外側スリーブとの間隙を充填する外側中間スリーブ部材とからなり、これらが接着剤により気密に封止されているものであってもよい。

【0008】また、本発明の管体構造物において、前記光素子と裸光ファイバ端部との接続部と、それに近い前記スリーブ部と前記光ファイバとの封止部との離間距離が、2～10mmであることが好ましい。

#### 【0009】

【作用】図1において、着脱可能な蓋体1aを有する管体1中には光素子2が収納されており、その接続先端部には、接着補強ブロック3が配置されている。管体1の端部には、光ファイバ4の先端部を、管体内に導入し、これを光素子2に接続するための光ファイバ導入孔5が開口している。光ファイバ4は裸光ファイバ6とその保護被覆層7とからなり、光ファイバ4の接続先端部分において、その保護被覆層7が除去されて裸光ファイバ6が露出しており、この裸光ファイバの露出面は光素子との接合部を除きメタライズされ、つまり一般には金めっきされた裸光ファイバメタライズ部6aが形成されている。

【0010】光ファイバ4のメタライズ裸ファイバ部分6aと、保護被覆層部分の両方にまたがる連続部分に、パイプ状内側スリーブ8を挿入し、内側スリーブ8の内側面と光ファイバ4との間隙は接着剤9により接着封止される。

【0011】一方、管体1の光ファイバ導入孔5に外側スリーブ10が挿入され、外側スリーブ10の環状突起部10aが挿入用ストッパーとして作動し、光ファイバ導入孔5の内側周縁と、外側スリーブ10の環状部10aの外側周縁部とはロー付け10bにより気密に封止接合される。

【0012】外側スリーブ10の内径は、それを通して光ファイバ4を管体1内に導入し、管体1内の光素子2の端部と、導入された光ファイバ4の端部とを、光軸調整の上これらを接続する作業が可能なように設定されることが好ましい。このため外側スリーブ10の内径は、内側スリーブ8の外径よりも大きく設定されている。

【0013】次に、内側スリーブ8により保持されている光ファイバ4のメタライズ裸光ファイバの先端部を管体1内に、外側スリーブ10の内孔を通して導入し、光素子2の先端と、裸光ファイバ6の先端とを、光軸調整の後接合し、補強ブロック3により補強固定する。次に、外側スリーブ10と内側スリーブ8との間に中間スリーブ11を挿入する。中間スリーブ11は環状突起部11aを有し、これが挿入ストッパーとして作働する。この中間スリーブ11と、外側スリーブ10、および内側スリーブ8との隙間は接着剤により接着し、気密に封

止する。特に外側スリーブ10の管体内にある端面はその中心を通る裸光ファイバ（メタライズ部）6aをかこんで、半田により完全に封止される。また、内側スリーブ8、中間スリーブ10、および中間スリーブ11の管体外にある部分も接着剤などにより、完全に気密に封止される。

【0014】図2には、本発明の管体構造物において、光ファイバが光素子に接続され、かつその導入孔がスリーブにより閉塞封止される構成の一例が示されている。

図2において管体1の光ファイバ導入孔の周縁に外側スリーブ10がロー付けされている。内側スリーブ8内に挿入され封止された光ファイバ4の裸光ファイバメタライズ部1aの保護被覆層7に近い部分は接着剤9により接着固定封止されている。この光ファイバを管体1内に挿入して、その裸光ファイバ6の先端を、光素子2に光軸調整後に接続し、この部分をキャピラリ3a（ガラス）により保護固定する。

【0015】このとき、外側スリーブ10内に内側スリーブ8が挿入されているから、その間隙に中間スリーブ11を挿入し、外側スリーブ10の管体内端部を半田12により閉塞封止する。また、スリーブ8、10、11の組立体の管体外端部を、接着剤により接着封止する。特に内側スリーブ8と、中間スリーブ11との外側端部は接着剤13により接着固定封止されることが好ましい。これらの作業が終了したならば管体1に蓋体1aを取りつけこれをシーム溶接し気密に封止する。

【0016】上記のような本発明の構成により、光ファイバと光素子との接続工程を、比較的孔径の大きな外側スリーブを介して行うことができ、かつ半田封止工程を、容易に実施することが可能になる。また、図2に示されているように、光素子端と、光ファイバ封止端との間の距離Lを比較的短く、例えば2～10mmにすることが可能になる。一般に管体内に光ファイバ端部を導入し、接合する際、光ファイバは、内側スリーブ内に挿入固定されているため、この内側スリーブを、アライメント装置の治具により把持することができ、この把持部から、光ファイバ先端までの自由長を短くしてアライメント時のファイバのぶれを少なくすることが可能になる。本発明においては管体の壁部の厚さは、スリーブ部を含めて数ミリのオーダーで十分であるから前記離間距離において、光ファイバ把持部から光ファイバ先端までの距離はたかだか10～20mmであれば十分であり、このためアライメント作業が容易になる。

#### 【0017】

【実施例】図1に示されているように、光ファイバ4の先端部の保護被覆層7が除去され、露出した裸光ファイバ6に、その接続先端部を除き、メタライズ処理、例えば、無電解めっきが施される。例えばNi層を下地としてその上にAuをめっきすることによりRA、RMAクラスのPb/Sn半田を用いる通常の半田接着・封止が

可能になる。

【 0 0 1 8 】次に光ファイバ 4 を、内側スリーブ 8 に挿入し、その前半部にメタライズ裸光ファイバ部分 6 a か、またその後半部に保護被覆層付光ファイバ 4 が位置するようにし、これを内側スリーブ 8 に接着固定する。特に、メタライズ裸光ファイバ部分 6 a には接着剤 9 を注入して、これを固定する。このようにすると、光ファイバのアライメント作業の際に、内側スリーブ 8 の前端部（メタライズ裸光ファイバ収容部分）を、アライメント用具によりしっかり把持し、アライメント用具の動きに、光ファイバが十分な剛性を持って追従することが可能になる。内側スリーブ 8 の前端部は、後に行われる光ファイバの半田封止が、メタライズ裸光ファイバの表面を十分に被覆し、強固に接着し得るように、メタライズ裸光ファイバの一部をその外側に残すようにすることが好ましい。また、内側スリーブ 8 の内径は光ファイバの外径にほぼ等しく、一般には 0. 9 ~ 1. 1 mm、通常は 1 mm 程度であり、その肉厚は 0. 2 ~ 0. 5 mm、一般に 0. 2 mm 程度で十分である。

【 0 0 1 9 】筐体 1 の光ファイバ導入孔 5 にロー付け接合される外側スリーブ 1 0 は 2 ~ 5 mm、一般に約 3 mm の内径を有するものである。いま、内側スリーブ 8 の外径を 1. 4 mm、外側スリーブ 1 0 の内径を 3 mm とすれば、その間隙の厚さは  $(3. 0 - 1. 4) / 2 = 0. 8 \text{ mm}$  程度となる。すなわち光ファイバアライメント作業空間の厚さは 0. 8 mm という比較的大きな間隙を利用することが可能になり、これによって作業に支障を生ずることがない。アライメント作業の後、光ファイバと光素子は、光学用接着剤により接合される。

【 0 0 2 0 】次に、予じめ光ファイバ 4 に通されている中間スリーブ 1 1 を、内側スリーブ 8 と外側スリーブ 1 0 との間に挿入し、これらの間隙を封止する。つまり、内側および外側スリーブの比較的間隙を、中間スリーブ 1 1 を用いることにより容易に充填することができ、この間隙を多量の半田で充填する必要がなくなる。内側、中間、外側スリーブ 8, 1 0, 1 1 の相互間隙の大きさに格別の制限はなく、作業に困難がない限り、できるだけ小さいことが好ましいが、一般に 0. 1 mm 程度であれば十分な作業性を得ることができる。

【 0 0 2 1 】内側、中間、外側スリーブの組み合わせが完了したならば、外側スリーブ 1 0 の筐体内端部において、図 2 に示しているように、メタライズ裸光ファイバ 6 a のまわりを半田 1 2 により固定封止する。この作業は、筐体 1 の蓋体 1 a を取り外して行い、外側スリーブ 1 0 の端面は、図 2 に示されているように上向き端面を形成するように斜めになっていると、作業性が良好で好ましい。内側スリーブ 8 の内、外径、外側スリーブ 1 0 の内径、および中間スリーブ 1 1 の内外径は裸光ファイバ 6 の直径に対応して適宜に設定することができる。

【 0 0 2 2 】筐体内における光ファイバとスリーブとの

半田封止部と、光素子とは 2 mm 以上離間していることが好ましい。これは、通常、光素子と、光ファイバとの接着部には接着強度補強用毛細管キャピラリーを装着するが、このキャピラリーの長さが、1 ~ 2 mm であるからである。このため、光素子接合部と、半田封止部との離間距離は 2 ~ 1 0 mm 程度であることが好ましく、通常これが 4 mm 程度になるように、スリーブ長、筐体長を設計することが好ましい。このようにすると、光ファイバのアライメント作業において、光ファイバのぶれが殆んどなくなり半田づけの熱が光ファイバと光素子との接合部に悪影響（例えば、光ファイバ光素子光挿入損失の変化など）を及ぼすこともない。

【 0 0 2 3 】半田封着後、光ファイバの固定強度を補強するために、図 2 に示されているように内側スリーブ 8 と中間スリーブ 1 1 との間を接着剤 1 4 で接合する。このようにすると、光ファイバ、内側、中間および外側スリーブの接着強度が強固になる。しかも裸光ファイバに対する半田封止は、筐体内の一箇所のみで十分になる。

【 0 0 2 4 】本発明の筐体構造物において、各スリーブおよび筐体は、金属製、特にステンレススチール製、又はコパール製であって、半田付けが可能になるように表面に金めっきを施したものが好ましい。

【 0 0 2 5 】図 3 (A), (B) に示されているように、本発明に用いられる内側スリーブ 8 はパイプ状体であって、例えば長さ 1 2 mm、内径 1. 1 mm、外径 1. 4 mm を有するものである。

【 0 0 2 6 】図 4 (A), (B), (C) には本発明に用いられる外側スリーブ 1 0 の一例が示されておりパイプ状本体 1 4 と、それから外側に伸び出ている環状突起部 1 5 とを有するものである。パイプ状本体 1 4 の内側端（筐体内に挿入される部分）は斜め上向きの端面 1 6 を有している。

【 0 0 2 7 】図 5 (A), (B), (C) には本発明に用いられる中間スリーブ 1 1 が示されており、これは、パイプ状本体 1 7 と、その外側端に設けられた環状突起部 1 8 とから構成されている。また、その内側端（筐体内に挿入される部分）は斜め上向きの端面 1 9 を形成している。

【 0 0 2 8 】図 6 には、光ファイバ装着後の本発明の筐体構造物の一例の正面説明図が示されている。図 6 において筐体 1 の両側面から光ファイバ 4 が伸び出ている、光ファイバは、外側から外側スリーブ 1 0、中間スリーブ 1 1、内側スリーブ 8 により固定封止されており、筐体内には光ファイバ 4 に接続された光素子（図示されていない）が収納され、この光素子が導波路型光素子の場合、この導波路をコントロールするための電極、および参照電極（図示されていない）を収納し、これらは筐体に設けられたネジ孔 2 0 を通って取り付けられたコネクタ（図示されていない）を介して外部電源に連結される。

【0029】本発明の筐体構造物において、中間スリーブは、前記パイプ状内側スリーブに接する内側スリーブ部材と、この内側スリーブ部材と前記外側スリーブとの間隙を充填する外側中間スリーブ部材からなるものであってもよく、この場合、これらの両端末は、接着剤により気密に封止される。

【0030】図7に示されているように、筐体1の光ファイバ導入孔に外側スリーブ10がロー付け(10b)接着されており、その内側に光ファイバ4を保持している内側スリーブ8が挿入されており、内側スリーブ8の外側に内側中間スリーブ部材21が挿入され、その外側に外側スリーブ部材22が挿入され、これら内側および外側中間スリーブ部材21、22により中間スリーブが形成されている。

【0031】図8に示されているように、外側中間スリーブ部材22はシリンダー状本体23と、その外側端部に形成された環状突起24と、その内径を狭め、内側スリーブの外側より小さな内径を有する内側端部25を有し、この内側端部の端面は斜め上向きの端面26を形成している。

【0032】図7から明らかなように、予じめ内側スリーブ8の外側に外側中間スリーブ部材22を嵌合しておけば、光ファイバ4を含む内側スリーブ8が、過度に光素子に近接することを防止することができる。この外側中間スリーブ22と、外側スリーブ10とは接着剤により気密に接着することができる。この外側中間スリーブ22と、内側スリーブ8との間の隙間は、内側中間スリーブ部材21を挿入することによって充填することができる。

【0033】図9に示されているように内側中間スリーブ部材21は環状頭部27と、それからシリンダー状に伸び出し、その一部が欠落している一部欠如シリンダー状部28とからなる。外側中間スリーブ部材21と、内側スリーブ8との間の隙間に接着剤を注入しておき、この隙間にシリンダー部の一部が欠如している内側中間スリーブ部材21を挿入すれば、接着剤は、両スリーブ部材間に十分に分散し、両者の間隙を十分に充填封止することができる。このようにすれば、スリーブの外側端において、図2に示されているように接着剤を盛り上げて封止することなく、図7に示されているように、外観を向上させることが可能になる。

#### 【0034】

【発明の効果】本発明による光ファイバ導入部構造により、光素子、特に導波路型光素子を、より小型の筐体中に気密封入することが可能になると同時に、最も重要な組立工程である、光ファイバと素子のアライメント作業を容易に実効することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の筐体構造物の構成要素と、これらの組み立て手順を示す、一部断面説明図。

【図2】図2は本発明の筐体構造物の一実施態様の要部を示す、説明図。

【図3】図3(A)および(B)は本発明の筐体構造物に用いられる内側スリーブの一例の構成を示す、正面断面図および側面図。

【図4】図4(A)、(B)および(C)は、本発明の筐体構造物に用いられる外側スリーブの一例の構成を示す、正面断面説明図、左側面図、および右側面図。

【図5】図5(A)、(B)、(C)は、本発明の筐体構造物に用いられる中間スリーブの一例の構成を示す、正面断面図、左側面図、および右側面図。

【図6】図6は、本発明の筐体構造物の一例の、正面説明図。

【図7】図7は、本発明の筐体構造物の他の一例を示す、断面説明図。

【図8】図8(A)、(B)、(C)は、図7に示された本発明の筐体構造物に用いられる外側中間スリーブ部材の一例の、正面断面図、左側面図、および右側面図。

【図9】図9(A)、(B)、(C)は、図7に示された本発明の筐体構造物に用いられる内側中間スリーブ部材の一例の、正面断面図、左側面図、および右側面図。

#### 【符号の説明】

- 1 a … 蓋体
- 1 … 筐体
- 2 … 光素子
- 3 … 接着補強ブロック
- 3 a … 接着補強キャピラリ
- 4 … 光ファイバ
- 5 … 光ファイバ導入孔
- 6 … 裸光ファイバ
- 6 a … 裸光ファイバメタライズ部
- 7 … 保護被覆層
- 8 … 内側スリーブ
- 9 … 接着剤
- 10 … 外側スリーブ
- 10 a … 環状突起部
- 10 b … ロー付け部
- 11 … 中間スリーブ
- 11 a … 環状突起部
- 12 … 半田
- 13 … 接着剤
- 14 … 外側スリーブパイプ状本体
- 15 … 環状突起部
- 16 … 斜め上向き端面
- 17 … 中間スリーブパイプ状本体
- 18 … 環状突起部
- 19 … 斜め上向き端面
- 20 … 電極コネクタ用ねじ孔
- 21 … 内側中間スリーブ部材
- 22 … 外側中間スリーブ部材

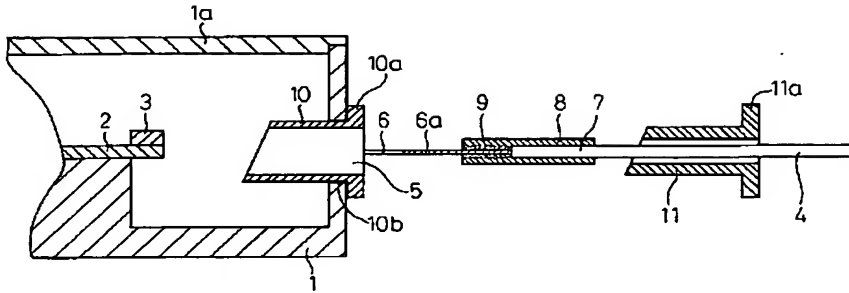
9

10

2 3 …外側中間スリーブ部材のシリンダー状本体  
 2 4 …環状突起部  
 2 5 …内側端部  
 2 6 …斜め上向き端面

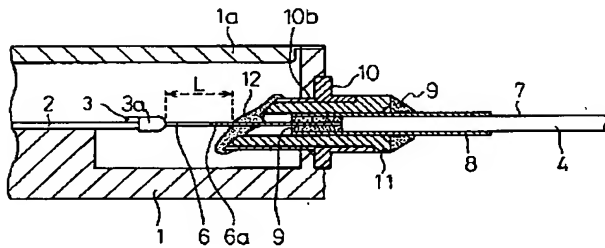
2 7 …頭部環状突起部  
 2 8 …一部欠如シリンダー状部  
 L …光素子端と、光ファイバ封止端との距離

【図 1】



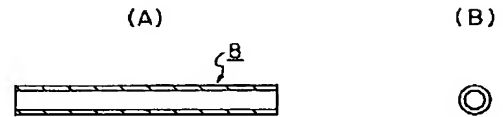
1 …芯体  
 1 a …被覆体  
 2 …光素子  
 3 …接着補強ブロック  
 4 …光ファイバ  
 5 …光ファイバ導入孔  
 6 …裸光ファイバ  
 6 a …裸光ファイバメタライズ部  
 7 …保護被覆層  
 8 …内側スリーブ  
 9 …接着剤  
 10 …外側スリーブ  
 10 a …環状突起部  
 10 b …ロー付け部  
 11 …中間スリーブ  
 11 a …環状突起部

【図 2】

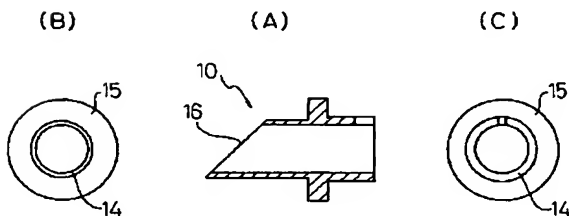


3 a …接着補強キャピラリー  
 12 …ハンダ  
 13 …接着剤  
 L …光素子端と、光ファイバ封止端との距離

【図 3】

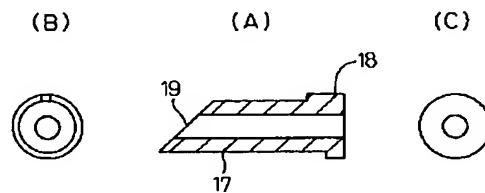


【図 4】



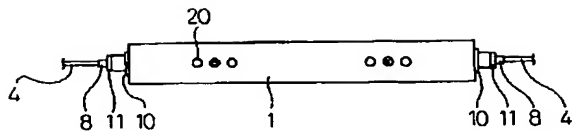
14 …外側スリーブパイプ状本体  
 15 …環状突起部  
 16 …斜め上向き端面

【図 5】



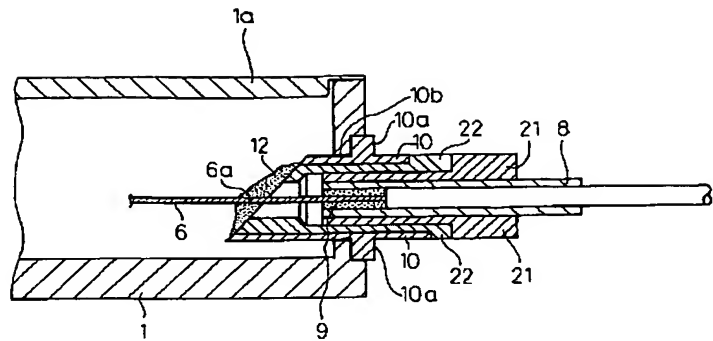
17 …中間スリーブパイプ状本体  
 18 …環状突起部  
 19 …斜め上向き端面

【図 6】



20…電極コネクタ用ねじ孔

【図 7】

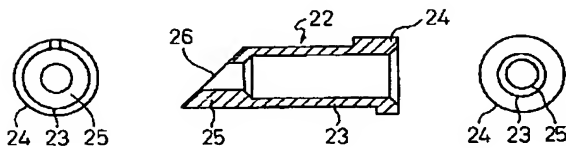
21…内側中間スリーブ部材  
22…外側中間スリーブ部材

【図 8】

(B)

(A)

(C)

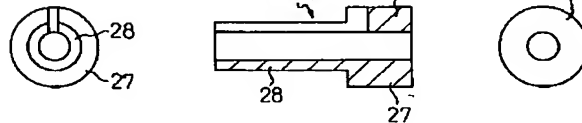
23…外側中間スリーブのシリンダー状本体  
24…環状突起部  
25…内側端部  
26…斜め上向き端面

【図 9】

(B)

(A)

(C)

27…頭部環状突起部  
28…一節欠如シリンダー状部

フロントページの続き

(72)発明者 佐久間 満

千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメン  
ト株式会社光電子事業部内

(72)発明者 永田 裕俊

千葉県船橋市豊富町585番地 住友セメン  
ト株式会社中央研究所内